



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11233889 A**(43) Date of publication of application: **27.08.99**

(51) Int. Cl.

**H01S 3/18**  
**H01S 3/10**
(21) Application number: **10029380**(22) Date of filing: **12.02.98**(71) Applicant: **AGENCY OF IND  
SCIENCE & TECHNOL**(72) Inventor: **SHIMIZU MITSUTOSHI**(54) **FLAT TYPE LIGHT AMPLIFIER ELEMENT AND  
MANUFACTURE THEREOF**

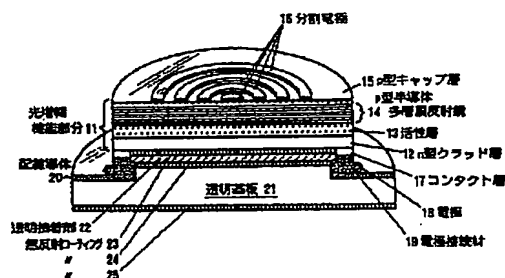
## (57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an optical element which can produce light easily in high volume with high precision by making the element in such a structure that a light amplifying function section is attached to a transparent supporting substrate and light is made incident to an active layer through the transparent supporting substrate and light beam is emitted from the active layer.

**SOLUTION:** A light amplifying function section 11 having such a structure that an active layer 13 for generating exciting carriers is put from up and down by a p-type and an n-type semiconductor layer 14, 12 is attached with a transparent adhesive 22 to a transparent substrate 21 which is different from a substrate on which the light amplifying function section 11 is built. Light beam generated in the active layer 13 is reflected on a reflecting mirror 14 and is radiated into an outside space from an n-type clad layer 12 through the transparent substrate 21. By locating a flat-type dielectric multilayer film reflecting mirror on the extension line of a light beam emission path in the outside space, an outside reflecting mirror-type surface emission laser can be formed in a complete form. For the active layer 13 to generate exciting carriers, current

needs to be injected into the active layer 13. In this case, current is injected by means of a divided electrode 16 for injecting holes which have been divided into a plurality of electrodes.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO



(11)特許出願公開番号

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 励起キャリアを生成する活性層を p 型と n 型の半導体層で挟んだ構造を含む光増幅機能部分を有し、支持基板の表面に対し所定角度起ち上がった方向に光ビームを出射する面型光増幅素子であって；上記光増幅機能部分が該光増幅機能部分を構築した基板とは異なる他の透明基板に接着されており、かつ、該透明基板を介して上記活性層からの光ビームが出射すること；を特徴とする面型光増幅素子。

【請求項 2】 請求項 1 記載の面型光増幅素子であって；上記光増幅機能部分は n 型半導体層のある側にて上記透明基板に接着され；上記活性層を挟んで反対側にある上記 p 型半導体層に対しホールを注入する電極が複数個に分割された分割電極であること；を特徴とする面型光増幅素子。

【請求項 3】 請求項 2 記載の面型光増幅素子であって；上記光増幅機能部分中の上記活性層は、上記 n 型半導体層としての n 型半導体クラッド層と、上記 p 型半導体層としての p 型半導体多層膜反射鏡とで挟まれており；該光増幅機能部分は該 n 型半導体クラッド層の側で透明基板に接着され；上記複数に分割された電極は上記 p 型半導体多層膜反射鏡上に設けられた p 型キャップ層を介して導通すると共に；上記 n 型半導体クラッド層に対して導通する電極は上記透明基板の表面上に設けられた配線導体に接続していること；を特徴とする面型光増幅素子。

【請求項 4】 励起キャリアを生成する活性層を p 型と n 型の半導体層で挟んだ構造を含む光増幅機能部分を有し、支持基板の表面に対し所定角度起ち上がった方向に光ビームを出射する面型光増幅素子の製造方法であって；上記光増幅機能部分を構築するための構築基板上に該光増幅機能部分を構築した後；該構築基板を除去する前に別な透明基板に光増幅機能部分の露呈している面側を接着し；その後、該構築基板を除去する工程を含むこと；を特徴とする面型光増幅素子の製造方法。

【請求項 5】 請求項 4 記載の面型光増幅素子の製造方法であって；上記構築基板上には上記 p 型半導体層の方から上記活性層、上記 n 型半導体層の順に形成し；上記透明基板は上記 n 型半導体層の露出面側に接着し；上記構築基板を除去することで露呈した上記 p 型半導体層側の表面に、該 p 型半導体層に対して導通を取る複数の分割電極を形成すること；を特徴とする面型光増幅素子の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、素子外部に共振器を設けることで面発光レーザ等として用い得る面型光増幅素子とその製造方法に関する。ここで、「面型」光増幅素子とは、光を増幅して出射する光機能部分からの当該出射光が、光増幅機能部分を物理的に支持している基

板の表面に対し、特定の角度を置いて起ち上がった方向、一般には直交する方向（法線方向）に出射するものを言う。

## 【0002】

【従来の技術】 この種の面型光増幅素子としては、従来、参考文献1: "Electrically pumped mode-locked vertical-cavity semiconductor lasers" (W. Jiang, M. Shimizu, R. P. Mirin, T. E. Reynolds, and J. E. Bowers, Optics Letters, vol. 18, No. 22, pp. 1937-1939, 1993) に開示された図 2 に示すものが知られている。構造的に見ると、この面型光増幅素子 30 は、n 型 GaAs 基板 31 の上に順次、n 型半導体多層膜反射鏡 32、n 型クラッド層 33、n 型 GaAs 活性層 34、p 型クラッド層 35、p 型 AlGaAs 層 37、p 型 GaAs コンタクト層 38 を積層形成して成っている。p 型 AlGaAs 層 37 と p 型 GaAs コンタクト層 38 は所定の平面積形状に切り出されていて、その上面に無反射コーティング 39 が施され、一方、その切り出し部分の周囲にあつて絶縁膜 36 を挟み p 型クラッド層 35 上に形成された表面電極 40 が当該 p 型 GaAs コンタクト層 38 の上面の周縁部分に接触し、n 型基板 31 の裏面には基板電極 41 が形成されている。

【0003】 n 型 GaAs 活性層 34 へのキャリア注入は表面電極 40 と基板電極 41 の間に電圧を印加しての電流注入でなされ、ホールは表面電極 40 の側から p 型 GaAs コンタクト層 38、p 型 AlGaAs 層 37、p 型クラッド層 35 を介して n 型 GaAs 活性層 34 に注入され、電子は基板電極 41、n 型 GaAs 基板 31、n 型半導体多層膜反射鏡 32、そして n 型クラッド層 33 を介し、n 型 GaAs 活性層 34 に注入される。

【0004】 この従来素子 30 を光増幅素子、ないし特に面発光レーザとして使用する場合は、共振器は、素子内部に構築されている n 型半導体多層膜反射鏡 32 を一方の反射鏡手段とし、図示しない外部反射鏡を他方の反射鏡として構成される。図示しない外部反射鏡と無反射コーティング 39 との間には一般にはレンズ（図示せず）が設けられる。無反射コーティング 39 は、もちろん、共振器損失を減らし、光利得を得る意味で用いられる。同様の趣旨から、一対の反射鏡に挟まれる各層 33～35、37、38 にもまた、光学的吸収損失が少なくなるように、例えば不純物濃度等が低く抑えられる等の対策が施されている。

【0005】 図 3 には、もう一つの従来例が示されている。この面型光増幅素子 50 は、参考文献 2: "High single-transverse-mode output from external-cavity surface-emitting laser diodes" (M. A. Hadley, G. C. Wilson, K. Y. Lau, and J. S. Smith, Appl. Phys. Lett., vol. 63, No. 12, p. 1607-1609, 1993) に開示されたもので、基板 51 としては n 型ではなく p 型の GaAs 基板 51 を用いており、その上に p 型半導体多層膜反射鏡 52、p 型多重量子井戸活性領域 53、n 型半導体多層膜反射鏡 55 を順に積層して成り、基板 51 の裏面に設けられた基板電極 57 と、n 型半導体多層膜反射鏡 55 の表面周縁に接触し、絶縁膜 54 上に設けられたボンディングパッド 56 との間に電圧を印加し、多重量子井

戸活性領域53に電流（キャリア）を注入することで励起光を得ようになっている。多重量子井戸活性領域53に対し、ホールは基板電極57の側から p型GaAs基板51、p型半導体多層膜反射鏡52を通じて注入され、電子は対向側のボンディングパッド56から n型半導体多層膜反射鏡55を通じて注入される。

【0006】この素子50は、本来的には外部共振器用の素子ではない。しかし、素子に内蔵の n型半導体多層膜反射鏡55と p型半導体多層膜反射鏡52のみで共振器を構成するに留めた場合、口径を大きくすると、ほぼ必ず、横モードが単峰でなくなるという欠点が生ずる。この欠点を補うためには、やはり図示しない外部反射鏡が必要で、n型半導体多層膜反射鏡55の反射率を意図的に低めた上で、当該 n型半導体多層膜反射鏡55のある側の素子外部に適当なる反射鏡を設け、例えば外部反射鏡への光路中に配したレンズ位置等を調整することで単峰性ビームを得んとする。いずれにしても共振器の構成はあくまで複合型になり、素子内部に設けられている基板側の p型半導体多層膜反射鏡52と n型多層膜反射鏡55から成る第一の共振器に、p型半導体多層膜反射鏡52と外部反射鏡から成る第二の共振器が複合したものとなる。

#### 【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかるに、図2に示した素子30の場合、特に大口径のレーザビームを得ることが困難であった。というのも、大口径化のために n型GaAs活性層34の実効領域、すなわち無反射コーティング39に覆われていて実際に発振に寄与する領域の面積を広げると、そこに均一にホールを注入することが不可能になるからである。これは専ら、p型の各半導体層38、37、35の電気的抵抗が高いことに起因しており、n型GaAs活性層実効領域の中央付近にホールを注入させるには、無反射コーティング39の周縁に接触している表面電極40から p型の各半導体層38、37、35中をまずは面内方向にホールを流した後、n型GaAs活性層34の中央に注入させる必要があるが、実際にはそうはならず、ホールの大部分は表面電極40から p型GaAsコンタクト層38の周縁部分に注入された後、横方向に余り広がらないまま、ほぼ真っ直ぐに進んで n型GaAs活性層34に至ってしまう。

【0008】事実、このような構造原理に従って作製された従来素子30では、n型GaAs活性層34において均一なホール注入と認め得る状態を確保するには、当該 n型GaAs活性層34の実効領域の直径を数10 $\mu$ m以下に留めねばならず、その結果、大出力化を図るには複数素子をアレー化する等の方法を採用せねばならなくなり、ビームの光学的単一性や均一性を犠牲にせねばならなかった。

【0009】一方、図3に示した従来素子50では、p型GaAs基板51の裏面に面接触させた基板電極57からホールを注入できるので、多重量子井戸活性領域53内に注入するホールの面内分布における均一性は満足な程度に取ることができ。しかし、最も問題となるのが複合共振器構

造であることで、純粋な外部共振器型面発光レーザを形成することはできず、しかも、素子内に組込まれている n型半導体多層膜反射鏡55が通常、80%程度以上の反射率を持っているため、面型光増幅素子として用いるにも不適當であった。また、複合共振器構造であるために、モード同期動作により光パルスを発生させることもできない。

【0010】さらに、p型に比せば低抵抗の n型半導体多層膜反射鏡55を用い、その面内方向に電子を流すことで多重量子井戸活性領域53の中央近辺にも電子を注入させることを意図した構造ではあるが、やはり多重量子井戸活性領域53の直径が大きくなると当該 n型半導体多層膜反射鏡55の電気的抵抗が無視できなくなり、電流注入の不均一性が生ずるため、キャリア注入が均一に行われていると認め得る多重量子井戸活性領域53の実効領域は、図2に示した従来素子30に比せば広く取り得るとは言え、直径100 $\mu$ m程度が上限であった。特に、p側の電極が基板電極であって、電流注入を基板を通して行っているため、活性層へのホール注入を制御するができない。

【0011】本発明はこうした点に鑑みてなされたもので、少なくとも活性層を p型と n型のクラッド層で挟んだ構造を含む光増幅機能部分を有し、支持基板の表面に対し所定角度（一般には既述のように90°）起ち上がった方向に光ビームを出射する面型光増幅素子において、単一かつ均一で、要すれば大口径の光ビームの増幅やレーザ発振も可能な素子を提供せんとする。

#### 【0012】

【課題を解決するための手段】本発明者は、図2、3に示した従来素子30、50の持つ種々の短所は、結局、光の増幅に寄与する光増幅機能部分、すなわち図2に示した従来素子30では各半導体層32～35、37、38を含む積層構造部分、図3に示した従来素子50では各半導体層52、53、55を含む積層構造部分を構築している n型基板31または p型基板51の存在それ自体に起因していると考えた。

【0013】もちろん、これら基板31、51は、光増幅機能部分を構築するためには必須であり、また、構築後も、素子の物理的強度を確保する支持基板としては十分な意義がある。しかし、こと光増幅機能に関しては、この基板31、51は言わば不要、ないし邪魔な存在である。例えば、用いる基板31、51は、一般に数百 $\mu$ mに及ぶかなりの厚みを有し、従って当該基板としてGaAs基板等の化合物系半導体基板を用いる場合、増幅した光を通すには損失が大き過ぎる。

【0014】その結果、図2に示した従来素子30でも図3に示した従来素子50でも、支持基板31、51には増幅した光を通さない構成となっており、説明しなかった他の従来構成でもその点は同様であった。換言すれば、従来、素子特性改善のため、種々の構造的工夫を施すにしても、基板には光を通さないことを大前提とした上でな

さねばならず、そのために種々の制約が出ていたのである。例えば図2に示した従来素子30の場合、光増幅機能部分からの出射光は、n型GaAs基板51のある側とは反対側の面のp型半導体層35、37、38の側から出射させねばならないため、この出射面を電極で覆うことができず、その結果、既述のようにp型AlGaAs層37の周縁部を介してのみ、p型クラッド層35からn型GaAs活性層34に導通を取らねばならないことになり、上述したホール注入の不均一性や大口径化の困難性を招いていたのである。

【0015】図3に示した従来素子50の場合にも、n型GaAs基板に代えてp型GaAs基板51を用い、これにより当該基板と反対側の面にはn型半導体多層膜反射鏡55を用い得ることで低抵抗化が図れる利点はあっても、複合共振器構造にせねばならない等、やはり制約があり、それがまた、既述したような別な欠点を生んでいた。

【0016】そこで本発明者は、このような従来の常識から脱却し、光増幅機能部分の構築に用いた下地基板を当該光増幅機能部分の構築後に除去してはどうか、との発想を得た。ただ、単に除去するだけでは、実質的に極めて薄い構造体である光増幅機能部分の強度が持たず、物理的歪みが光学的歪みを生むため、実用にはならない。そこで、その代わりに、本発明では、光増幅機能部分をその構築に用いた構築基板とは異なる別の支持基板、それも光ビームを透過させて問題のない低損失の透明基板に接着した構造を提案する。

【0017】このような素子構造にすると、透明基板に光増幅機能部分の増幅した光ビームを通すことができる。ということは、光増幅機能部分に対する構造的工夫に自由度が生まれ、例えば相対的に高抵抗のp型半導体層に対しホールを注入するための電極は大面積にした

り、あるいは後述の本発明の特定の態様におけるように、分割した複数の電極から構成して、こうした電極のある面側からは光を出射させないようにしても、光増幅機能部分中の活性層を挟み反対側に設けた透明基板を介して光ビームを出射できるようにすることで、種々の改良が可能になる。

【0018】この基本条件を満たした上で、本発明では望ましい下位態様として、光増幅機能部分はn型半導体層のある側にて透明基板に接着され、活性層を挟んで反対側にあるp型半導体層に対しホールを注入する電極は、複数個に分割された分割電極である面型光増幅素子も提案する。

【0019】こうした面型光増幅素子では、n型に比して高抵抗のp型半導体層に対するホールの注入をも均一化でき、さらに、分割された各電極への電流注入量を制御することで活性層内のキャリアの面内分布を制御できるため、単峰性の基本モードでの光強度分布に整合を取るような制御も可能となる。

【0020】さらに、より具体的な下位態様として、本発明では、光増幅機能部分中の活性層はn型半導体層と

してのn型半導体クラッド層とp型半導体層としてのp型半導体多層膜反射鏡とで挟まれており、光増幅機能部分はこのn型半導体クラッド層の側で透明基板に接着され、複数に分割された電極はp型半導体多層膜反射鏡上に設けられたp型キャップ層を介して導通すると共に、n型半導体クラッド層に対して導通する電極は透明基板の表面上に設けられた配線導体に接続している面型光増幅素子を提案する。

【0021】本発明ではまた、面型光増幅素子の製造方法としても、光増幅機能部分を構築するための構築基板上に当該光増幅機能部分を構築した後、当該構築基板を除去する前に別な透明基板に光増幅機能部分の露呈している面側を接着し、その後、構築基板を除去する工程を含む方法も提案する。

【0022】この場合、本発明はその下位態様として、構築基板上にはp型半導体層の方から活性層、n型半導体層の順に形成し、透明基板はn型半導体層の露出面側に接着し、構築基板を除去することで露呈したp型半導体層側の表面に、当該p型半導体層に対して導通を取る複数の分割電極を形成する製造方法も提案する。

【0023】

【発明の実施の形態】図1(A)には、本発明に従って構成された面型光増幅素子10の一例の概略構成図が示されている。励起キャリアを生成する活性層13をその上下からp型とn型の半導体層14、12で挟んだ構造を含む光増幅機能部分11は、本発明の場合、当該光増幅機能部分11を構築した基板とは異なる透明基板21に対し、透明接着剤22により接着されている。すなわち図1(A)では、構築基板は既に除去された状態で示されている。

【0024】しかるに、こうした本発明素子10の場合、光増幅機能部分11により生成された光ビームはこの透明基板21を通すことができるため、当該光増幅機能部分11に対する構造的改良の自由度が増す。図1(A)では、以下に説明するように、本発明に従った下位態様における望ましい構造例が開示されているが、これ以外でも、本発明の基本的な構成に従った面型光増幅素子は種々提供できる。

【0025】透明基板21には、発振波長に対して極力透明度の高いものを選べば良く、ガラス、プラスチック等に相当なる素材を求めることができ、実際、光波長領域の透過ビームに対し、透過率にして99%から99.9%にも及ぶものも容易に得られる。ただ、いくら透過率が高くても、厚さが余りに厚くなれば損失は増す。しかし通常、光増幅機能部分11を物理的に支持し、歪みを防ぎ得る強度を確保し得る厚さの範囲では、これを相当厚くして、数百 $\mu\text{m}$ から数ミリにまでしても、十分に満足な透過率が得られる。

【0026】透明接着剤22にも、ポリイミド等、適当なる接着剤が市販されており、その透過率も十分高いし、

そもそも極めて薄くて良いので、問題にはならない。透

明基板21の表面平坦化(光学的な高精度化)や、透明接着剤22の均一な塗布は、既存の技術をしても満足な程度に容易である。さらに、透明基板21の表面界面、透明基板21と透明接着剤22、透明接着剤22と光増幅機能部分11との界面における乱反射を避けるためには、それらの面にそれぞれ、予め無反射コーティング25、24、23を施しておくのが良く、これらは例えば、 $\text{TiO}_2$ と $\text{SiO}_2$ の二層積層構造層で構成することができる。

【0027】図1(A)に示す本発明の面型光増幅素子10の場合、光増幅機能部分11の構成は具体的には下記のようになっている。まず、透明接着剤22、無反射コーティング23を介して透明基板21の側に面して接着されているのはn型クラッド層12であって、これは例えば、厚さ2 $\mu\text{m}$ 程度のn型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ( $x=0.3$ )層により構成できる。

【0028】その上には、光増幅機能部分11の主要部である、励起キャリアを生成する活性層13が形成されており、これは例えば、厚さ0.5 $\mu\text{m}$ 程度のノンドープGaAs層で構成できる。

【0029】活性層13の上には、p型半導体層としてこの場合はp型半導体多層膜反射鏡14が形成されており、これは例えば、p型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ( $x=0.1$ )とp型AlAs層の周期的な繰返し積層構造により構成でき、一層当りは相当地に薄くして、総厚としても数 $\mu\text{m}$ 程度にする。もっとも、このような半導体多層膜反射鏡自体は既に公知であるので、任意の技術に従って作製して良い。

【0030】ただ、このように、図1(A)に示す面型光増幅素子10の場合、p型半導体層として半導体多層膜反射鏡14が用いられていることから分かるように、活性層13にて生成された光ビームはこの反射鏡14にて反射され、n型クラッド層12から透明基板21を介し外部空間に輻射される構造となっている。従って、図示していないが、この光ビームの出射経路の延長上の外部空間に、要すれば適当なるレンズを介在させながら、既に開発されている高性能な反射鏡、例えば反射率が99%以上の平面型誘電体多層膜反射鏡等を配置することで、図3に示した従来素子のような、素子内部の共振器との併用による複合共振器構造に依らない、完全な形で外部反射鏡型面発光レーザを構成することができる。

【0031】もちろん、活性層13中にて励起キャリアを生成するためには、当該活性層13への電流注入が必要になるが、そのための構成は、図示素子10の場合、次のようになっており、ここにも望ましい工夫が施されている。

【0032】まず、p型半導体多層膜反射鏡14の上には、例えばZnが高濃度でドーピングされた3000Å程度のp型GaAs層によるp型キャップ層15が形成され、その上に、望ましいことに、複数個に分割されたホール注入用分割電極16が形成されている。図示の場合、中央の円盤状電極の回りに、所定のピッチで同心円上に円環上の電極を

複数個配した構造となっている。このようにすると、各電極に印加する電圧を個々に調整することで、当該各電極からp型キャップ層15、p型半導体多層膜反射鏡14を介し、活性層13に注入されるホールの面内分布が均一になるように調整でき、動作時においてアクティブな制御が可能となる。

【0033】すなわち、従来においては高抵抗のp型半導体層、それとかなり薄いp型半導体層を介して活性層にホールを注入する際、どうしてもホール流が偏り、均一な注入ができなかったのに対し、図示構成によれば、活性層13に対し均一なホール注入が可能になるばかりか、もっと積極的に、発振モード等の光分布に適応した利得分布になるように注入電流分布を制御することも可能となる。例えば単峰性の基本モードの光分布を得たい場合には、一般に中央の電極を介して程、注入電流量が多くなるようにすれば良い。さらに、安定、高精度な発振光を得られるのみならず、所望の遠視野像の発振光ビームを得ること等も可能となる。

【0034】分割電極16は、図示のように同心円状のものに限らない。短冊状に複数個が並設されたパタンにすることもできるし、一つ一つが円形や四角形等、適当な平面形状のドット状で、これが所定の平面パタンで複数個配置されたようなものでも良く、要は任意である。

【0035】これに対し、相対的に低抵抗のn型半導体層12に対する電子注入用の電極は、もう少し大雑把に作ることができる。図示の場合は、全体が所定の立体形状(図示の場合は円柱形状)に切り出されている光増幅機能部分11の外周縁に沿って、当該n型半導体層(クラッド層)12の下面に接する円環状のコンタクト層17が設けられ、その表面に設けられたAuGe合金等の電極18が電極接続材19を介し、光増幅機能部分11の周囲にあって透明基板12の表面に形成された配線導体20に電気的に導通している。コンタクト層17は例えば厚さ1000Å程度のn型GaAs層により構成でき、電極接続材19はInやAuSnの半田により構成でき、配線導体20はAu等により構成できる。

【0036】先に少し述べたように、図示の素子10を外共振器型面発光レーザとして用いる場合には、共振器構造はp型半導体多層膜反射鏡14と、図示しない外部反射鏡及びレンズとで構成できる。もちろん、レンズは活性領域13に対して透明基板21がある側の外部空間に配置され、外部反射鏡は透明基板21とレンズを結ぶ線の延長線上に配置される。つまり、透明基板21が外部反射鏡に面するように面型素子10を配置し、その間にレンズを配置する。素子やレンズ、外部反射鏡は光学的に調整が可能な微動台にのせる。外部反射鏡には、発振波長を十分に高反射率で反射する平面反射鏡として、例えば99%以上の反射率をもつ誘電体多層膜反射鏡等を用いる。

【0037】p型半導体多層膜反射鏡14で反射された光が活性領域13で再度増幅され、レンズを通じてコレメードされ、外部反射鏡によって再び反射され、活性領域13

と p 型多層膜反射鏡 14 に再度戻る動作が繰返されることでレーザ発振が生起するが、この際に微動台等の調整機構を用いて共振器の損失が小さくなるように、素子やレンズ、外部反射鏡を光学的に調整する。外部反射鏡と素子の距離、つまり外部共振器の距離は十分に短くする。これは振動等の影響を防ぐ為である。

【0038】分割電極 16 に注入する電流は、例えば単峰性の基本モードの光強度分布に一致するように、つまり中央の電極には多くの電流が流れるようにする。こうすることで、高出力の外部共振器型面発光レーザの実現が可能となる。また、分割電極 16 に注入する電流に、外部共振器長の光の往復時間に適合するような変調を加えて、例えば光の往復時間が 1 ns ならば 1 GHz の変調を加えると、能動モード同期動作が行われ、光パルスの発生も可能となる。

【0039】図 1 (A) に示す面型光増幅素子 10 を始め、本発明に従う面型光増幅素子は種々の方法により作製することができようが、図 1 (A) に示す素子 10 に関しての望ましい作製工程は、図 1 (B) に即して例示できる。まず、ステップ 101 で示すように、光増幅機能部分を構築する構築基板として、市販されている 400  $\mu\text{m}$  程度の厚さの GaAs 基板を用い、その上に、将来のエッチング時に機能するエッチング停止層として、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  ( $x=0.6$ ) 層を 3000 Å 程度、形成する。

【0040】その上に、ステップ 102 で示すように、図 1 (A) の光増幅機能部分 11 を図面上で丁度上下をひっくり返した関係で構築する。すなわち、分割電極 16 はまだこの時点では作製されるものではなく、p 型キャップ層 15 の方から順に p 型半導体層多層膜反射鏡 14、活性層 13、n 型クラッド層 12、コンタクト層 17 を積層形成し、適宜リソグラフィ技術を援用する等して所定の立体形状、例えば円柱形状の光増幅機能部分 11 を構築する。同様にリソグラフィ技術を用い、ビームの通路上にある光学的損失の大きなコンタクト層 17 の部分を除去し、さらに、必要に応じ、リソグラフィ技術を併用しながら無反射コーティング 23 も形成する。

【0041】次いでステップ 103 に示すように、露呈している n 型クラッド層 12 の側、すなわち無反射コーティング 23 があるならばその面側に、十分に表面平坦性の高いガラス基板等の透明基板 21 を極力均一に塗布したポリイミド等の透明接着剤 22 により接着する。

【0042】このようにして、予め光増幅機能部分 11 の物理的強度を確保し、物理的、光学的歪みが発生しないようにした所で、次に構築基板の除去工程に移る。構築基板は上述のように 400  $\mu\text{m}$  程度と厚いので、ステップ 104 に示すように、まずはこれを機械的な研磨法等により所定の厚味、例えば残り厚が 30 ないし 100  $\mu\text{m}$  程度になるように研磨する。

【0043】所定の厚味まで薄くなったら、ステップ 105 で示すように、適当な温度、適当な溶液、例えば温度

20°C 程度でアンモニアと過酸化水素水の 1:20 程度の混合溶液で構築基板の残り厚をエッチングする。この時、エッチング停止層として上述のように  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  ( $x=0.6$ ) 層を用いていると、エッチング時間を厳密に管理しなくても、エッチング停止層の所までは 20  $\mu\text{m}$ /分程度の高速エッチングが可能になる一方で、そこでエッチングの進行を止めることができる。エッチング停止層としては、その外、AlAs 層等も用いることができる。

【0044】その後は、ステップ 106 に示すように、例えばリン酸と過酸化水素水と水の混合溶液 (例えば  $\text{H}_3\text{PO}_4:\text{H}_2\text{O}_2:\text{H}_2\text{O}=3:1:50$ ) を用い、温度 20°C 程度でエッチング停止層自体をエッチングし、除去する。この時のエッチング速度は 1000 Å/分程度であるので、時間管理でエッチング停止層のみを除去するのも容易である。

【0045】このようにして、光増幅機能部分 11 の p 型キャップ層 15 の表面が露呈したならば、ステップ 107 に示すように、AuZn 合金などを全面蒸着してからリソグラフィ技術によるか、所定パターンに即しての印刷技術により、所定個数、所定配置パターンのホール注入用分割電極 16 を形成する。

【0046】もちろん、説明しなかったが、n 型半導体層 (クラッド層) 12 に対する電極構造 17~20 は、適宜の工程で公知既存の手法により作製することができる。

【0047】以上、本発明の望ましい実施形態に即し説明したが、本発明の趣旨に即する限り、任意の変更は自由である。光増幅機能部分 11 に使用可能な材料としても、例示した AlGaAs 系の外、同じ III-V 族半導体では InGaAsP 系、GaN 系等も使用可能であるし、II-VI 族半導体である ZnSe 系等の光半導体材料も用いることができる。

【0048】

【発明の効果】本発明によると、光増幅機能部分の構築に用いた基板は除去可能であり、透明基板側に光を通すことが可能であるので、光増幅機能部分に対する種々の改良の自由度が大幅に増す。

【0049】また、本発明の特定の態様に従い、p 型半導体層側のホール注入用の電極を複数個から成る分割電極とすれば、一つ一つの電極に注入する電流を制御することにより、活性層内のキャリア分布をアクティブに制御することが可能となる。その結果、外部共振器型面発光レーザを構築する場合には、単峰性の基本モードの光強度分布に合わせてキャリアの注入が可能となり基本モードでの動作を安定化することが可能となる。

【0050】さらに、透明基板側を出射口として用いるならば、p 型半導体層は多層膜反射鏡として構成できるので、透明基板に固定することで得られる当該 p 型多層膜反射鏡の光学的安定性により、有効な活性領域の範囲を拡大することが可能となり、電流注入型で高出力の外部共振器型面発光レーザや、大口径の光ビーム反射型増幅器等を実現することができる。数百  $\mu\text{m}$  径からそれ以上の径の光ビームの発生も十分実現性がある。もちろん、

本発明の面型光増幅素子は電流注入型であるため、外部共振器型能動モード同期面発光レーザの実現も可能である。この場合には高出力の光パルスの発生が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明面型光増幅素子の一例の概略構成と作製工程の説明図である。

【図2】従来の面型光増幅素子の代表的一例の概略構成図である。

【図3】従来の面型光増幅素子の他の代表的一例の概略構成図である。

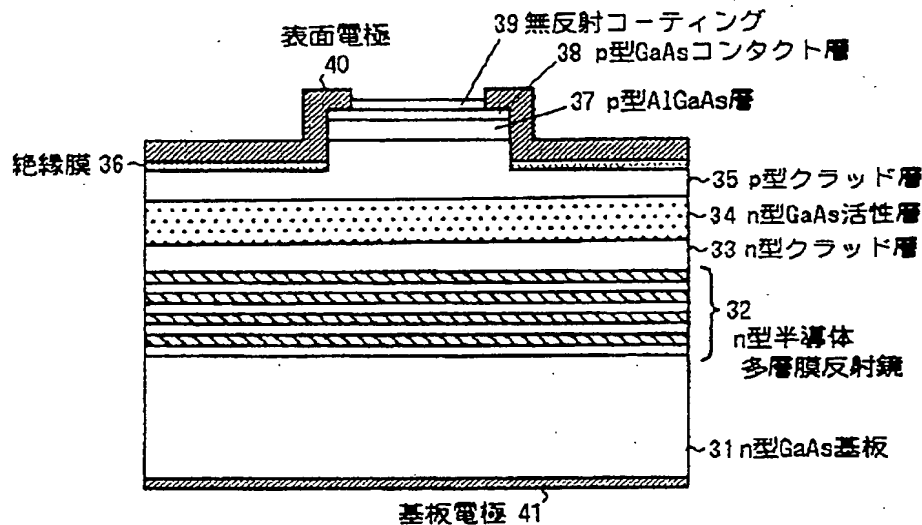
【符号の説明】

10 本発明面型光増幅素子

11 光増幅機能部分  
12 n型クラッド層  
13 活性層  
14 p型半導体多層膜反射鏡  
15 p型キャップ層  
16 分割電極  
17 コンタクト層  
18 電極  
19 電極接続材  
20 配線導体  
21 透明基板  
22 透明接着剤  
23, 24, 25 無反射コーティング

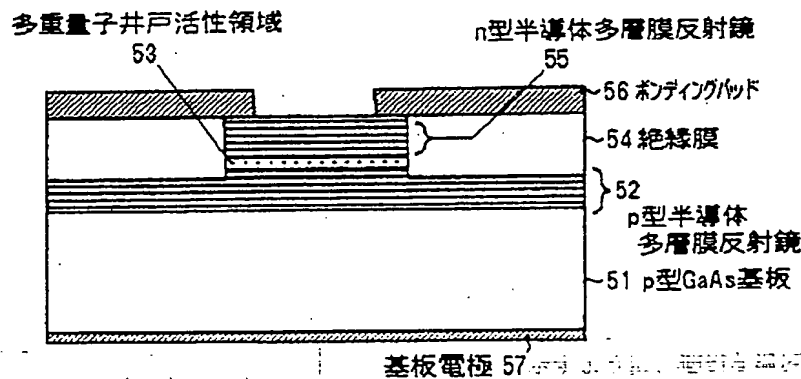
【図2】

面型光増幅素子30（従来例）



【図3】

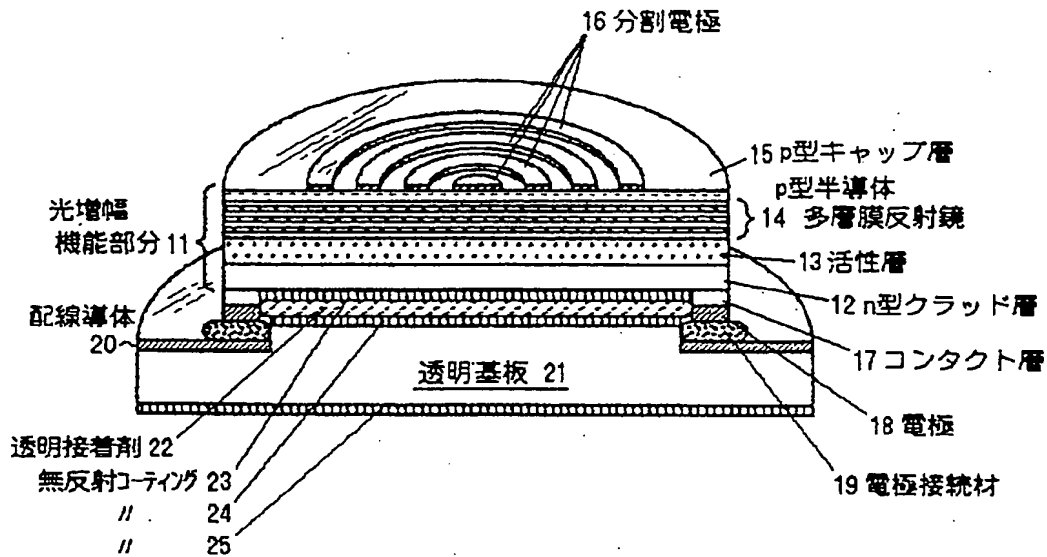
面型光増幅素子50（従来例）



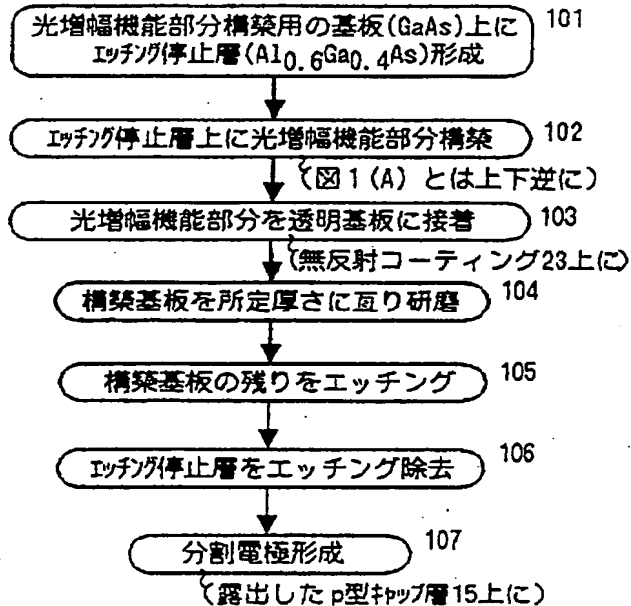
基板電極 57

【図 1】

## (A) 面型光増幅素子 10 (本発明)



## (B)



## 【手続補正書】

【提出日】平成 11 年 1 月 14 日

## 【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項 1

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【請求項 1】 励起キャリアを生成する活性層を p 型と n 型の半導体層で挟んだ構造を含む光増幅機能部分を有し、透明支持基板の表面に対し所定角度起ち上がった方向に光ビームを入射及び出射する面型光増幅素子であつ

て；上記光増幅機能部分が透明支持基板に接着され、かつ、該透明支持基板を介して上記活性層に光が入射し、上記活性層からの光ビームを射出すること；を特徴とする面型光増幅素子。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項 2

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項 2】 請求項 1 記載の面型光増幅素子であつて；光増幅機能部分は n 型半導体層の外側にて透明支持基板に接着され；活性層を挟んで p 型半導体層の外側に設けられたホール注入電極は複数個に分割された分割電極であること；を特徴とする面型光増幅素子。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項 3

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項 3】 請求項 2 記載の面型光増幅素子であつて；光増幅機能部分中の活性層は、n 型半導体層としての n 型半導体クラッド層と、p 型半導体層としての p 型半導体多層膜反射鏡とで挟まれており；該光増幅機能部分は該 n 型半導体クラッド層の側で透明支持基板に接着され；複數に分割されたホール注入電極は上記 p 型半導体多層膜反射鏡上に設けられた p 型キャップ層を介して導通すると共に；上記 n 型半導体クラッド層に対して導通する電極は上記透明支持基板の表面上に設けられた配線導体に接続していること；を特徴とする面型光増幅素子。

子。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項 4

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項 4】 励起キャリアを生成する活性層を p 型と n 型の半導体層で挟んだ構造を含む光増幅機能部分を有し、透明支持基板の表面に対し所定角度起ち上がった方向に光ビームを入射及び射出する面型光増幅素子の製造方法であつて；上記光増幅機能部分を構築するための構築基板上に該光増幅機能部分を構築した後；該構築基板を除去する前に透明支持基板に光増幅機能部分の露呈している面側を接着し；その後、該構築基板を除去する工程を含むこと；を特徴とする面型光増幅素子の製造方法。

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項 5

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項 5】 請求項 4 記載の面型光増幅素子の製造方法であつて；構築基板上には p 型半導体層の方から活性層、n 型半導体層の順に形成し；透明基板は上記 n 型半導体層の露出面側に接着し；上記構築基板を除去することで露呈した上記 p 型半導体層側の表面に、該 p 型半導体層に対して導通を取る複數の分割電極を形成すること；を特徴とする面型光増幅素子の製造方法。